

rotating direction of the rotor at the internal surface facing the
stator in
the rotor.

COPYRIGHT: (C) 2002, JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-233122

(P2002-233122A)

(43) 公開日 平成14年8月16日 (2002.8.16)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード (参考)

H 0 2 K 21/22

H 0 2 K 21/22

M 3 D 0 3 5

B 6 0 K 7/00

B 6 0 K 7/00

5 H 0 0 2

B 6 0 L 15/00

B 6 0 L 15/00

Z 5 H 0 1 9

H 0 2 K 1/14

H 0 2 K 1/14

Z 5 H 1 1 5

1/18

1/18

C 5 H 6 0 3

審査請求 未請求 請求項の数23 O L (全 12 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願2001-28197(P2001-28197)

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(22) 出願日

平成13年2月5日 (2001.2.5)

(72) 発明者 角谷 直之

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器

産業株式会社内

(72) 発明者 近藤 康宏

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器

産業株式会社内

(74) 代理人 100062926

弁理士 東島 隆治

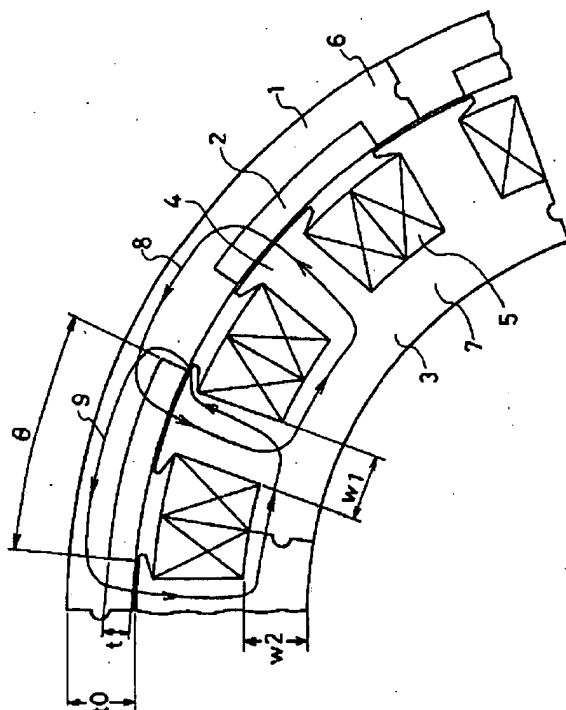
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 アウターロータモータ、アウターロータモータの製造方法、及びアウターロータモータを組み込んだ電気自動車

(57) 【要約】

【課題】 電気自動車におけるダイレクト駆動方式の高性能なインホイールモータとして用いることができ、小型、軽量、かつ高トルク・高出力のアウターロータモータを提供することを目的とする。

【解決手段】 本発明のアウターロータモータは、永久磁石がロータコアに所定間隔を有して形成された複数の凹部内に設けられており、ロータにおけるステータと対向する内面に、ロータの回転方向において永久磁石とロータコアが交互に配置されている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 磁石をロータコアに所定間隔を有して形成された複数の凹部に配置した円環状のロータと、前記ロータの内側に配置され、所定間隔を有して設けられた複数のステータティースに巻線が施されたステータとを有し、
前記ロータにおける前記ステータと対向する内面に、前記ロータの回転方向において前記磁石と前記ロータコアが交互に配置されているアウターロータモータ。

【請求項2】 ステータの巻線が集中巻きである請求項1記載のアウターロータモータ。

【請求項3】 磁石のラジアル方向の厚みを t 、ロータのラジアル方向の厚みを t_0 とすると、 $0.4 \leq t/t_0 \leq 0.6$ を満足する請求項2記載のアウターロータモータ。

【請求項4】 極数を p 、磁石の回転中心に対する配置角度を θ とすると、 $0.5 \leq p\theta/2\pi \leq 0.9$ を満足する請求項2記載のアウターロータモータ。

【請求項5】 ステータティースの幅を w_1 、ステータヨークの幅を w_2 とすると、 $0.8 \leq w_1/w_2 \leq 1.2$ を満足する請求項2記載のアウターロータモータ。

【請求項6】 極数を p 、磁石のラジアル方向の厚みを t 、ロータの外径を D とすると、 $\pi D/16t - 10 \leq p \leq \pi D/16t + 30$ を満足する請求項2記載のアウターロータモータ。

【請求項7】 磁石のラジアル方向の厚みを t 、ロータのラジアル方向の厚みを t_0 、極数を p 、磁石の回転中心に対する配置角度を θ とすると、 $0.4 \leq t/t_0 \leq 0.6$ 、かつ $0.5 \leq p\theta/2\pi \leq 0.9$ を満足する請求項2記載のアウターロータモータ。

【請求項8】 磁石のラジアル方向の厚みを t 、ロータのラジアル方向の厚みを t_0 、極数を p 、磁石の回転中心に対する配置角度を θ 、ステータティースの幅を w_1 、ステータヨークの幅を w_2 、ロータの外径を D とする場合、 $0.4 \leq t/t_0 \leq 0.6$ 、かつ $0.5 \leq p\theta/2\pi \leq 0.9$ 、かつ $0.8 \leq w_1/w_2 \leq 1.2$ 、かつ $\pi D/16t - 10 \leq p \leq \pi D/16t + 30$ を満足する請求項2記載のアウターロータモータ。

【請求項9】 複数の磁石をロータコアに所定間隔を有して埋設した円環状のロータと、
前記ロータの内側に配置され、所定間隔を有して配置された複数のステータティースに巻線が施されたステータと、を具備するアウターロータモータ。

【請求項10】 回転方向における磁石の断面が山形形状であり、当該磁石をロータ内部に外周側が凸部となるよう配置したことを特徴とする請求項9記載のアウターロータモータ。

【請求項11】 回転方向における磁石の断面が円弧形状であり、当該磁石をロータ内部に外周側が凸部となるよう配置したことを特徴とする請求項9記載のアウター

ロータモータ。

【請求項12】 ロータ内部において、磁石より外周側に所定間隔の空間を有するスリットを設けた請求項2又は9記載のアウターロータモータ。

【請求項13】 極間の境界で分割された複数のロータコアを円環状に接続してロータが構成された請求項2又は9記載のアウターロータモータ。

【請求項14】 ロータが極間の境界で6又は8分割された請求項13記載のアウターロータモータ。

【請求項15】 ステータティース間の実質的な中央で分割された複数のステータコアを接続してステータが構成された請求項2又は9記載のアウターロータモータ。

【請求項16】 ステータがステータティース間の実質的な中央で6又は8分割された請求項15記載のアウターロータモータ。

【請求項17】 極間の境界で分割された複数のロータコアの凹部に磁石を装着する工程と、
磁石が装着された複数のロータコアを円環状に接続してロータを形成する工程と、

ステータの複数のステータティースに巻線を施す工程と、

前記ロータの内側に前記ステータを組み込む工程と、
を有するアウターロータモータの製造方法。

【請求項18】 ロータコアの凹部に磁石を装着して円環状のロータを形成する工程と、

ステータティース間の実質的な中央で分割された複数のステータコアの前記ステータティースに巻線を施す工程と、

巻線が施された複数のステータコアを接続してステータを形成する工程と、

前記ロータの内側に前記ステータを組み込む工程と、
を有するアウターロータモータの製造方法。

【請求項19】 極間の境界で分割された複数のロータコアの凹部に磁石を装着する工程と、

磁石が装着された複数のロータコアを円環状に接続してロータを形成する工程と、

ステータティース間の実質的な中央で分割された複数のステータコアの前記ステータティースに巻線を施す工程と、

巻線が施された複数のステータコアを接続してステータを形成する工程と、

前記ロータの内側に前記ステータを組み込む工程と、
を有するアウターロータモータの製造方法。

【請求項20】 ロータが極間の境界で6又は8分割された請求項17又は19記載のアウターロータモータの製造方法。

【請求項21】 ステータがステータティース間の実質的な中央で6又は8分割された請求項18又は19記載のアウターロータモータの製造方法。

【請求項22】 ステータの複数のステータティースに

巻線が集中巻きされる請求項17、18又は19記載の
アウトロータモータの製造方法。

【請求項23】 請求項1から16のいずれかの請求項
に記載のアウトロータモータを車輪内部に組み込んだ
インホイールモータ駆動方式の電気自動車。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、アウトロータモ
ータ、アウトロータモータの製造方法、及びアウト
ロータモータを組み込んだ電気自動車に関し、特に電気
自動車の原動機としてのインホイールモータ駆動方式に
用いられるアウトロータモータに関する。

【0002】

【従来の技術】従来の自動車は、原動機として内燃機関
を用いるのが一般的であった。しかし、近年、大気汚
染、地球温暖化等の地球環境破壊が大きな社会問題とな
り、内燃機関の使用が問題となってきた。そこで、
地球環境保護の観点から、原動機として電気モータを用
いた電気自動車の開発が進められている。このような電
気自動車の駆動方式の一つとして、電気モータを車輪の
内部に組み込んだインホイールモータ駆動方式がある。
このインホイールモータ駆動方式においても2種類の駆
動方式がある。1つは、インナーロータモータを用い
て、その回転軸と車輪の回転軸との間に減速機を設けた
ギア減速駆動方式、もう1つはアウトロータモータを用
いて、そのロータに車輪のリムを直結したダイレクト
駆動方式である。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】従来の電気自動車にお
けるインホイールモータ駆動方式においては、駆動系が
車輪の中に格納されているため、車体側の空間を有効に
利用することができ、また車体重量を軽量化することが
できる等の利点がある。そして、2種類の駆動方式の
内、ダイレクト駆動方式では減速機を用いないため、ギ
ア減速駆動方式よりも小型・軽量化することが可能とな
る。

【0004】しかしながら、アウトロータモータを用
いたダイレクト駆動方式の場合には、ギア減速を行わな
いため、アウトロータモータにはトルク及び出力に対
する要求がより大きくなる。さらに、ダイレクト駆動方
式では、車体のバネ下重量を小さくする必要があること
から、より軽量化する必要がある。しかし、従来のア
ウトロータモータでは、高性能なインホイールモータ
駆動方式を構成することは困難であり、高性能なイン
ホイールモータ駆動方式のアウトロータモータに対する
要求トルク・要求出力と要求重量とを同時に満足するこ
とは不可能であった。

【0005】本発明は、ダイレクト駆動方式の高性能な
インホイールモータとして用いることができ、小型、軽
量、かつ高トルク・高出力のアウトロータモータ、そ

のアウトロータモータの製造方法、及びアウトロー
タモータを組み込んだ電気自動車を提供することを目的
とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するた
めに、本発明に係るアウトロータモータは、磁石をロー
タコアに所定間隔を有して形成された複数の凹部内に配
置した円環状のロータと、前記ロータの内側に配置さ
れ、所定間隔を有して設けられた複数のステータティ
ースに巻線が施されたステータとを有し、前記ロータにお
ける前記ステータと対向する内面に、前記ロータの回転
方向において前記磁石と前記ロータコアが交互に配置さ
れている。

【0007】上記本発明のアウトロータモータにおい
て、ステータの巻線が集中巻きである。また、本発明の
アウトロータモータは、少なくとも、磁石のラジアル
方向の厚みを t 、ロータのラジアル方向の厚みを t_0 と
すると、 $0.4 \leq t/t_0 \leq 0.6$ を満足させること
が好ましい。また、本発明に係るアウトロータモータ
は、少なくとも、極数を p 、磁石の回転中心に対する配
置角度を θ とすると、 $0.5 \leq p\theta/2\pi \leq 0.9$
を満足させることが好ましい。また、本発明に係るア
ウトロータモータは、少なくとも、ステータティースの
幅を w_1 、ステータヨークの幅 w_2 とすると、 $0.8 \leq$
 $w_1/w_2 \leq 1.2$ を満足させることが好ましい。さら
に、本発明に係るアウトロータモータは、少なくと
も、極数を p 、磁石のラジアル方向の厚みを t 、ロー
タの外径を D とすると、 $\pi D/16t - 10 \leq p \leq \pi$
 $D/16t + 30$ を満足させることが好ましい。

【0008】他の観点の発明に係るアウトロータモ
ータは、複数の磁石をロータコアに所定間隔を有して埋設
した円環状のロータと、前記ロータの内側に配置され、
所定間隔を有して配置された複数のステータティースに
巻線が施されたステータとを具備する。上記のように構
成されたアウトロータモータは、回転方向における磁
石の断面が山形形状であり、当該磁石をロータ内部に外
周側が凸部となるよう配置されている。また、上記のア
ウトロータモータは、回転方向における磁石の断面が
円弧形状であり、当該磁石をロータ内部に外周側が凸部
となるよう配置されている。また、上記のアウトロー
タモータは、ロータ内部において、磁石より外周側に所
定間隔の空間を有するスリットを設けたロータを用いて
いる。また、上記のアウトロータモータは、極間の境
界で分割された複数のロータコアを円環状に接続してロ
ータが構成されている。また、上記のアウトロータモ
ータは、ステータティース間の実質的な中央で分割され
た複数のステータコアを接続してステータが構成されて
いる。

【0009】本発明に係るアウトロータモータの製造
方法は、極間の境界で分割された複数のロータコアの凹

部に磁石を装着する工程と、磁石が装着された複数のロータコアを円環状に接続してロータを形成する工程と、ステータの複数のステータティースに巻線を施す工程と、前記ロータの内側に前記ステータを組み込む工程とを有する。

【0010】他の観点の発明に係るアウターロータモータの製造方法は、ロータコアの凹部に磁石を装着して円環状のロータを形成する工程と、ステータティース間の実質的な中央で分割された複数のステータコアの前記ステータティースに巻線を施す工程と、巻線が施された複数のステータコアを接続してステータを形成する工程と、前記ロータの内側に前記ステータを組み込む工程とを有する。

【0011】他の観点の発明に係るアウターロータモータの製造方法は、極間の境界で分割された複数のロータコアの凹部に磁石を装着する工程と、磁石が装着された複数のロータコアを円環状に接続してロータを形成する工程と、ステータティース間の実質的な中央で分割された複数のステータコアの前記ステータティースに巻線を施す工程と、巻線が施された複数のステータコアを接続してステータを形成する工程と、前記ロータの内側に前記ステータを組み込む工程とを有する。

【0012】本発明に係る電気自動車は、上記のように構成された本発明のアウターロータモータを車輪内部に組み込んだインホイールモータ駆動方式である。本発明によれば、ダイレクト駆動方式の高性能なインホイールモータとして用いることができる、小型、軽量、かつ高トルク・高出力のアウターロータモータ、そのアウターロータモータの製造方法、及びアウターロータモータを組み込んだ電気自動車を提供する。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明のアウターロータモータに係る好ましい実施の形態について添付の図面を参照して説明する。

【0014】《実施の形態1》図1は本発明に係る実施の形態1のアウターロータモータ（以下の説明においてアウターロータモータをモータと略称する）100を電気自動車の車輪内に組み込んだ状態を示す断面図である。図1に示すように、モータ100は車輪のホイール11内に組み込まれている。ホイール11において、タ
イヤ12が装着され保持するリムの内側にはモータ10*

$$T = P (\Phi_a I_q + (L_q - L_d) I_q I_d)$$

$$= P (\Phi_a I_a \cos \beta + 1/2 (L_q - L_d) I_a^2 \sin 2\beta) \quad (1)$$

【0019】上記式(1)は、一般的なモータのトルク式である。式(1)において、Tはトルク、Pは極対数、 Φ_a は電機子鎖交磁束、 I_d はd軸電流、 I_q はq軸電流、 L_d はd軸インダクタンス、 L_q はq軸インダクタンス、 I_a は電機子電流、 β は電流位相を示す。従って、実施の形態1のモータ100において、q軸イン

* 0のロータ1が固着されている。このロータ1と対向するようにシャフト13に固定されたステータ3が設けられている。

【0015】図2は、モータ100のロータ1とステータ3とを拡大して示す断面図である。実施の形態1のモータ100は、その仕様が12極18スロットであり、図2に示した部分はモータ全体の1/6モデルである。ロータ1は、ホイール11に固着されたロータコア6とそのロータコア6の内面に配置された永久磁石2とにより構成されている。ロータコア6は電磁鋼板を積層して実質的に円筒状に形成されており、その内径側の表面には凹部が等間隔で極数分の12個形成されている。それぞれの凹部内には永久磁石2が配置されており、ステータ3と対向するロータ1の内面は実質的に同一円周面に形成されている。ロータ1は上記のように構成されているため、隣り合う永久磁石2の間には鉄である電磁鋼板であるロータコア6が配置されている。即ち、ロータ1の回転方向における内面部分には、永久磁石2とロータコア6が交互に配置されている。

【0016】一方、ステータ3は、電磁鋼板を積層して形成したステータコア7とステータティース4とを有している。このステータティース4には巻線5が集中巻で施されている。センサ等でロータ1の磁極位置を検出して、ステータ3の巻線5に3相交流電流を流すことにより、モータ100にはトルクが発生する。

【0017】上記のように構成されたモータ100の永久磁石2の磁束方向であるd軸のインダクタンスとこのd軸から90°進んだq軸のインダクタンスとが異なっている。本発明の実施の形態1のモータ100においては、d軸インダクタンスとq軸インダクタンスとの違いを利用している。実施の形態1において、モータ100のd軸の磁束方向8と、d軸より電気角で90度進んだq軸の磁束方向9とを比べると、その磁束の大きさが異なっている。図2に示すように、実施の形態1のモータ100において、d軸の方向の磁束が永久磁石2を通るのに対して、q軸の方向の磁束は永久磁石2を通らないので、磁束が流れやすく、この結果、q軸インダクタンスの方がd軸インダクタンスより大きくなる。

【0018】

【数1】

※ダクタンスがd軸インダクタンスより大きい場合、トルクTは式(1)における第1項のマグネットトルクだけでなく、第2項のリラクタンストルクも発生する。

【0020】図3は式(1)に示したモータの電流位相とトルクとの関係を示すグラフである。図3のグラフにおいて、縦軸にトルク率[%]、横軸に電流位相[d e

g]を示し、◆はマグネットトルク、■はリラクタンストルク、△は両方を加算した総合トルクを表している。

【0021】図3に示すように、マグネットトルクは電流位相0度のとき最大となり、リラクタンストルクは電流位相45度のとき最大となり、両者の和である総合トルクは電流位相30度で最大となる。総合トルクの最大値はマグネットトルクの最大値よりも大きいため、電流位相30度で運転をすることにより、従来のモータよりも発生トルクが大きくなり、高出力、高効率で駆動することができる。なお、実施の形態1におけるモータ100の最大トルクを生じる電流位相は、30度であるが、この値はモータ定数によって変化する。

【0022】次に、本発明に係る実施の形態1のモータ100に関する具体的な形状について説明する。以下のデータは発明者の実験データに基づくものである。実施の形態1のモータ100は、永久磁石2のラジアル方向の厚みを t 、ロータ1のラジアル方向の厚みを t_0 、極数を p 、円弧状に配置された永久磁石2の回転中心に対する配置角度を θ とすると、モータ100が、 $t=4\text{mm}$ 、 $t_0=10\text{mm}$ 、 $p=12$ 、 $\theta=20$ の場合好ましい結果が得られた。また、発明者の実験によれば、永久磁石2の厚み t 、ロータ1の厚み t_0 、極数 p 、永久磁石2の回転中心に対する配置角度 θ は下記式(2)と式

(3)を満足する場合にリラクタンストルクを減少させることなく、マグネットトルクを大きくすることができた。

【0023】

$$0.4 \leq t/t_0 \leq 0.6$$

(2) *

$$\pi D/16t - 10 \leq p \leq \pi D/16t + 30$$

(5)

【0030】また、発明者の実験によれば、極数 p 、永久磁石2の厚み t 、ロータ1の外径 D が下記式(5)を満足する場合に発生トルクはより大きくなり、高出力、高効率のモータを提供することができる。

【0031】《実施の形態2》次に、本発明に係る実施の形態2のアウトロータモータ（以下の説明においてアウトロータモータをモータと略称する）200について説明する。図4は、実施の形態2のモータ200のロータ201とステータ3とを拡大して示す断面図である。実施の形態2のモータ200は、その仕様が12極18スロットであり、図4に示した部分はモータ全体の1/6モデルである。実施の形態2のモータ200は、前述の実施の形態1のモータ100と実質的に同じように構成されており、異なる点はロータ201に円弧状のスリット10が形成されている点である。従って、実施の形態2の説明において、ロータ201、ロータコア206及びスリット10以外は前述の実施の形態1と同じであるため同じ符号を付してその説明は省略する。

【0032】図4に示すように、ロータ201は、車輪のホイールに固着されたロータコア206とそのロータコア206の内面に永久磁石2が配置されて構成されて

$$* 0.5 \leq p\theta/2\pi \leq 0.9$$

(3)

【0024】従って、モータ100の t 、 t_0 、 p 及び θ の値を上記式(2)と式(3)を満足させることにより、モータ100はその最大トルクが大きくなり、高出力、高効率で駆動する。

【0025】上記の数値設定はモータ100のロータ側の形状についてであるが、モータ100のステータ側の形状についても数値により範囲を設定することにより、好ましい結果が得られた。図2に示すように、ステータティース4の回転方向の幅を w_1 、ステータヨーク14の厚み（ステータヨーク内面から巻線5までの長さ）を w_2 とすると、モータ100が、 $w_1=10\text{mm}$ 、 $w_2=10\text{mm}$ の場合好ましい結果が得られた。また、発明者の実験によれば、ステータティース4の幅 w_1 、ステータヨーク14の厚み（ステータヨーク内面から巻線5までの長さ） w_2 が下記式(4)を満足する場合にステータ電流による磁束の飽和が極力抑えられた。

【0026】

$$0.8 \leq w_1/w_2 \leq 1.2$$

(4)

【0027】上記のように、モータ100のステータ3の形状を式(4)を満足するように構成することにより、高出力、高効率のモータをより小型・軽量化することが可能となる。

【0028】さらに、実施の形態1のモータ100は、極数を p 、永久磁石2のラジアル方向の厚みを t 、ロータ1の外径を D とすると、モータ100が、 $p=12$ 、 $t=4$ 、 $D=430$ の場合好ましい結果が得られた。

【0029】

30※いる。ロータコア206は電磁鋼板を積層して実質的に円筒状に形成されており、その内径側の表面に、永久磁石2を配置する凹部が等間隔で極数分の12個形成されている。永久磁石2が配置されたロータ201の内面は、ステータ3と対向するように、同一円周面に形成されている。上記のように構成されたロータ201の回転方向における内面部分は、永久磁石2とロータコア206が交互に配置されている。

【0033】図4に示すように、実施の形態2のモータ200においては、ロータ201における永久磁石2より外側の部分に、円弧状の空間を持つスリット10が形成されている。このようにスリット10を形成することにより、モータ200の永久磁石2の磁束方向である d 軸のインダクタンスとこの d 軸から 90° 進んだ q 軸のインダクタンスとをさらに異なる値に形成することが可能となる。前述の実施の形態1と同様に、実施の形態2のモータ200において、 d 軸インダクタンスの主磁束（図4の符号8の矢印参照）は永久磁石2とスリット10とを通るのに対して、 q 軸インダクタンスの主磁束（図4の符号9の矢印参照）は永久磁石2とスリット10とを通らず、ロータコア206とステータコア7のこ

ア部分に磁界が生じる。この結果、前述の実施の形態1に比べて、d軸インダクタンスはさらに小さくなり、q軸インダクタンスとd軸インダクタンスとの差はさらに大きくなる。

【0034】実施の形態2において、スリット10が形成されていても、q軸インダクタンスの磁束方向9ではスリット10により磁束が遮られないので、q軸インダクタンスは変化しない。しかし、d軸インダクタンスの磁束方向8では、スリット10が永久磁石2と回転中心に対して実質的に同一角度に配置されているため、永久磁石2を通った磁束はスリット10により遮られる。この結果、d軸インダクタンスの磁束(8)はq軸インダクタンスの磁束(9)に比べて、実施の形態1の構成と比較するとより少なくなり、d軸インダクタンスはより小さくなる。従って、d軸インダクタンスとq軸インダクタンスの差は、実施の形態1の構成の場合に比べてさらに大きくなる。

【0035】上記のように実施の形態2のモータ200はロータ201にスリット10を形成することにより、d軸インダクタンスとq軸インダクタンスの差を大きくして、リラクタンストルクをより大きくすることが可能となる。その結果、実施の形態2のモータ200は総合トルクがより大きくなり、高出力・高効率のモータとすることができる。

【0036】《実施の形態3》次に、本発明に係る実施の形態3のアウトロータモータ(以下の説明においてアウトロータモータをモータと略称する)300について説明する。図5は、実施の形態3のモータ300のロータ301とステータ3とを拡大して示す断面図である。実施の形態3のモータ300は、その仕様が12極18スロットであり、図5に示した部分はモータ全体の1/6モデルである。実施の形態3のモータ300は、前述の実施の形態1のモータ100と実質的に同じように構成されており、異なる点はロータ301に回転方向における断面が山形状(くの字形状)である永久磁石302が設けられている点である。従って、実施の形態3の説明において、ロータ301、ロータコア306及び永久磁石302以外は前述の実施の形態1と同じであるため同じ符号を付してその説明は省略する。

【0037】図5に示すように、ロータ301は、車輪のホイールに固着されたロータコア306とそのロータコア306の内面に永久磁石302が配置されて構成されている。ロータコア306は電磁鋼板を積層して実質的に円筒状に形成されており、その内部に複数の永久磁石302が埋設されている。複数の永久磁石302は、ロータ301において等間隔で極数分の12個が配置されている。図5に示すように、各永久磁石302の回転方向における断面は外周方向に突出した山形状を有している。上記のように構成されたロータ301の内側近傍部分は、永久磁石302とロータコア306とが交互

に配置されている。

【0038】前述の実施の形態1と同様に、実施の形態3のモータ300において、d軸インダクタンスの主磁束(図5の符号8の矢印参照)は永久磁石302を通るのに対して、q軸インダクタンスの主磁束(図5の符号9の矢印参照)は永久磁石302を通らず、ロータコア306とステータコア7のコア部分に磁界が生じる。q軸インダクタンスの主磁束(図5の符号9の矢印参照)は、山形状の永久磁石302の外側部分を通るため、強い磁界が生じやすくなり、よりq軸インダクタンスは大きくなる。また、実施の形態3においては、永久磁石302が山形状であるため、ロータコア306の内面に磁束が集中し、その内面に強い磁界が発生してモータとして優れた特性を奏する。

【0039】上記のように実施の形態3のモータ300はロータ301に山形状の永久磁石302を形成することにより、d軸インダクタンスとq軸インダクタンスの差を大きくして、リラクタンストルクをより大きくすることが可能となる。その結果、実施の形態3のモータ300は総合トルクがより大きくなり、高出力・高効率のモータとすることができる。

【0040】なお、上記の実施の形態3のモータ300においては、ロータ300の永久磁石302の形状を断面山形に構成したが、本発明における永久磁石はこのような形状に限定されるものではなく、d軸インダクタンスとq軸インダクタンスの差を大きくする形状であれば本発明に含まれる。例えば、図6に示すように、埋め込む永久磁石303の回転方向の断面形状を外周側が盛り上がった円弧状にしても良い。このように形成することにより、永久磁石303を外周側が凸となるようロータ301に配置することにより、d軸インダクタンス(図6において符号8の矢印の方向の磁束)を変化させずに、q軸インダクタンス(図6において符号9の矢印の方向の磁束)はより大きくなる。この結果、図6に示したモータによるリラクタンストルクは大きくなり、総合トルクも大きくすることができる。

【0041】さらに、本発明のモータにおいては、永久磁石の配置と併せてロータにスリットを形成してd軸インダクタンスとq軸インダクタンスの差を大きくすることも可能である。例えば、図7に示すように、実施の形態3のモータ300のロータ内部に山形状のスリット310を形成しても、本発明の効果を奏することは言うまでもない。図7においては、ロータ301の内部に埋設された山形状の永久磁石302の外周側に永久磁石302と同様の山形状のスリット310が形成されている。このように、永久磁石302の外側に永久磁石302と実質的に同形状のスリット310をロータ301に設けることにより、q軸インダクタンスの磁束はスリット310により遮られないので、q軸インダクタンスは変化しないが、d軸インダクタンスの磁束はスリット3

10により遮られるので、d軸インダクタンスは小さくなる。この結果、d軸インダクタンスとq軸インダクタンスの差が大きくなり、リラクタンストルクをより大きくすることが可能となる。従って、図7に示したモータは総合トルクがより大きくなり、高出力・高効率のモータとすることができる。

【0042】《実施の形態4》次に、本発明に係る実施の形態4のアウトロータモータ（以下の説明においてアウトロータモータをモータと略称する）の製造方法について図8を用いて説明する。実施の形態4のモータの製造方法においては、前述の実施の形態1のモータ100の構成の場合について説明するが、他の実施の形態のモータにも同様に製造することができる。但し、実施の形態4のロータコア6は極間の境界で分割されており、ステータコア7はステータティース4ごとに分割されている。

【0043】図8は、本発明に係る実施の形態4のモータの組立工程を示す説明図である。図8に示すように、極間の境界で分割されたロータコア6は、電磁鋼板を積層して溶接等によりロータ1の1極分が形成されている。このロータコア6には永久磁石2が配置される凹部6cが形成されている。また、ロータコア6の両側の側面（隣接される他のロータコア6が接着される面）にはモータ軸と並行に延びる突起6a又は溝6bのいずれかが形成されている。これらの突起6aと溝6bは、ロータコア6の向かい合う面に配置されて、嵌合するよう構成されている。このため、隣り合うロータコア6の位置決めを容易にかつ確実に行うことができ、ロータ1としての強度を確保することが可能となる。

【0044】各ロータコア6の凹部6cには永久磁石2が接着剤を用いて配設される。なお、永久磁石2はかしめ等により各ロータコア6に嵌合させることも可能である。それぞれのロータコア6の凹部6cに永久磁石2を設けた後、各ロータコア6を溶接等により円環状に接続して、ロータ1を形成する。

【0045】一方、実施の形態4のステータ3は、ステータコア7のステータティース4間の中央で各ステータティース4ごとに分割されている。各ステータティース4は電磁鋼板を積層して溶接等により形成されている。また、ステータコア7の両側の側面（隣接される他のステータコア7が接着される面）にはモータ軸と並行に延びる突起7a又は溝7bのいずれかが形成されている。これらの突起7aと溝7bは、ステータコア7の向かい合う面に配置されて、嵌合するよう構成されている。このため、隣り合うステータコア7の位置決めを容易にかつ確実に行うことができ、ステータ3としての強度を確保することが可能となる。

【0046】各ステータコア7のステータティース4に巻線5を施した後、各ステータコア7を溶接等により円環状に接続して、ステータ3が形成される。以上のよう

にして形成されたロータ1とステータ3は、合体されて、アウトロータモータが完成する。

【0047】上記のように、アウトロータモータは分割されたロータとステータとを組み立てることにより製造することができる。従来のアウトロータモータにおいては、電磁鋼板をプレス等により打ち抜いて製造されており、打ち抜き後の材料の無駄があり、本発明のアウトロータモータの製造方法では材料の無駄がなく、製造コストを大幅に低減することができる。さらに、実施の形態4においては、ロータ1が1極分で分割されているため、ロータ1に対する永久磁石の接着を容易に行うことができ、またステータも同様に分割されているため巻線工程を容易に行うことができる。この結果、本発明のアウトロータモータの製造方法においては、製造が容易となり、引いては高精度のアウトロータモータを製造することが可能となる。

【0048】なお、図8に示したアウトロータモータの製造方法においては、ロータコア6が極間の境界で分割されており、ステータコア7がステータティース4ごとに分割されている例で説明したが、本発明はこのような構成に限定されるものではない。例えば、図9に示すように、ロータ1は2極ごとに分割されて、ステータ3も同様に3つのステータティース4ごとに分割されて、それぞれが6分割された構成でも良い。このように全体が6分割されたロータ1とステータ3は、各分割されたロータ1に永久磁石2が接着された後、そして各分割されたステータ3に巻線を施された後、それぞれが円環状に接着されて形成され、最後に両者が合体される。このように分割数の少ないロータ1及びステータ3が溶接等で円環状に接続されるよう構成されているため、アウトロータモータの製造方法において製造工程の一部を大幅に省略することが可能となる。

【0049】上記各実施の形態で説明した本発明のアウトロータモータは、電気自動車の原動機である駆動装置として車輪内部に組み込まれて、高出力、高効率な電気自動車を提供することができる。このように本発明のアウトロータモータが車輪の内部に組み込まれた電気自動車は、インホイールモータ駆動方式の電気自動車として本発明に含まれるものである。本発明のインホイールモータ駆動方式の電気自動車は、駆動装置が車輪の中部に格納されているため、車体側の空間が広がりこの空間を有効に利用することができ、車体の小型化を図ることができると共に車体重量を軽量化することができる。そして、本発明の電気自動車は、ダイレクト駆動方式であるため、小型化・軽量化をさらに促進させることができる。

【0050】また、本発明のアウトロータモータは、電気自動車のインホイールモータ駆動方式として、アウトロータモータに対するトルク・出力と重量に関する要求を同時に満たしているため、このアウトロータモ

ータを組み込んだ電気自動車は高性能な電気自動車となる。

【0051】

【発明の効果】以上、実施の形態について詳細に説明したところから明らかなように、本発明は次の効果を有する。本発明によれば、ロータとステータを所望の形状に形成してd軸インダクタンスとq軸インダクタンスの差を大きくしてリラクタンストルクをより大きくすることができ、総合トルクが大きくなり、小型、軽量、かつ高トルク・高出力のアウターロータモータを提供することができる。本発明のアウターロータモータは、ロータの凹部に磁石が配置されているため、小型、軽量、かつ高トルク・高出力のモータとなる。

【0052】本発明に係るアウターロータモータは、ロータにスリットを形成することにより、d軸インダクタンスとq軸インダクタンスの差を大きくして、総合トルクを大きくし、高出力・高効率の駆動装置となる。本発明に係るアウターロータモータは、磁石を所望の形状とすることにより、d軸インダクタンスとq軸インダクタンスの差を大きくして、総合トルクを大きくし、高出力・高効率の駆動装置となる。本発明に係るアウターロータモータの製造方法は、分割されたロータとステータとを組み立てているため、製造工程における材料の無駄がなくなり、製造コストを大幅に低減することができる。

【0053】本発明に係る電気自動車は、駆動装置としてアウターロータモータが車輪の中部に格納されているため、車体の小型化を図ることができると共に車体重量を軽量化することができる。また、本発明によれば、高トルク・高出力のアウターロータモータを組み込むことにより高性能な電気自動車を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る実施の形態1のアウターロータモ

ータを組み込んだ電気自動車の車輪を示す断面図である。

【図2】実施の形態1のアウターロータモータの一部を示す断面図である。

【図3】実施の形態1のアウターロータモータの電流位相一トルク特性を示す特性図である。

【図4】本発明に係る実施の形態2のアウターロータモータの一部を示す断面図である。

【図5】本発明に係る実施の形態3のアウターロータモータを示す断面図である。

【図6】本発明に係る実施の形態3の他のアウターロータモータを示す断面図である。

【図7】本発明に係る実施の形態3のさらに他のアウターロータモータを示す断面図である。

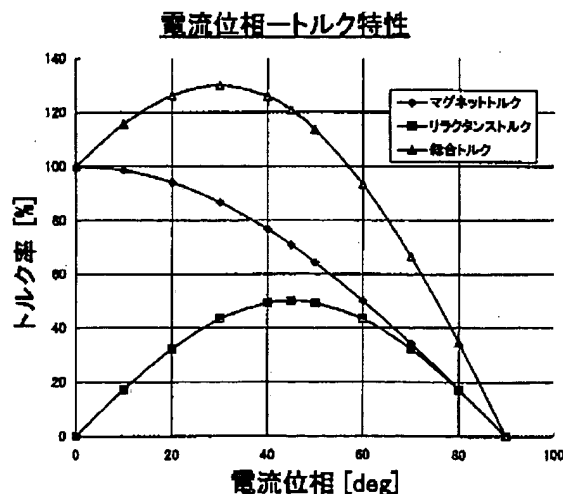
【図8】本発明に係る実施の形態4のアウターロータモータの組み立て工程を示す説明図である。

【図9】本発明に係る実施の形態4の他のアウターロータモータの組み立て工程を示す説明図である。

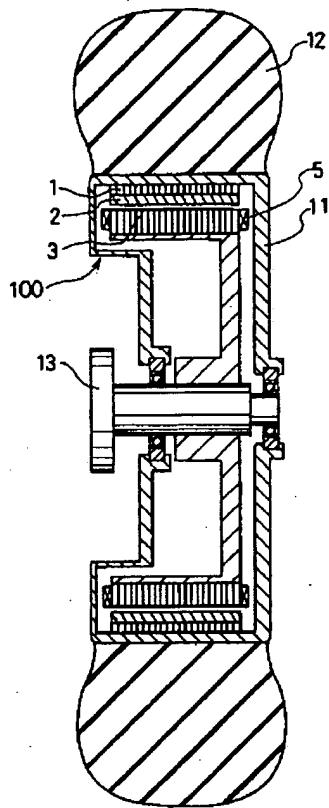
【符号の説明】

- 1 ロータ
- 2 永久磁石
- 3 ステータ
- 4 ステータティース
- 5 巻線
- 6 ロータコア
- 7 ステータコア
- 8 d軸の磁束方向
- 9 q軸の磁束方向
- 10 スリット
- 11 ホイール
- 12 タイヤ
- 100 アウターロータモータ

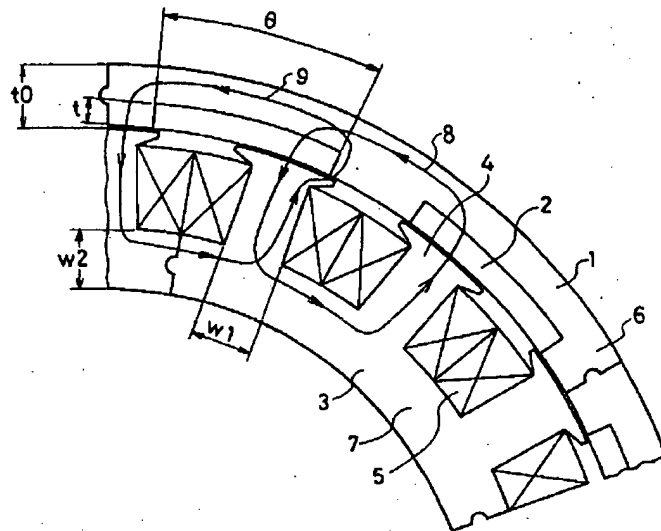
【図3】



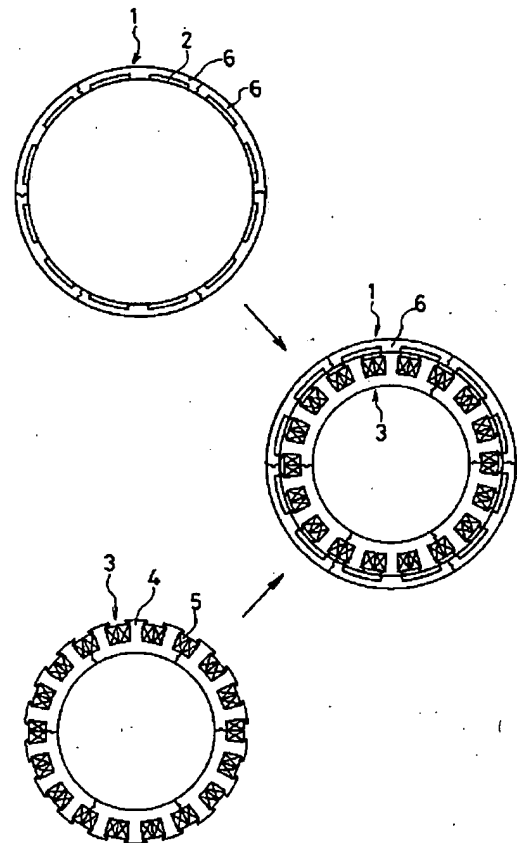
【図1】



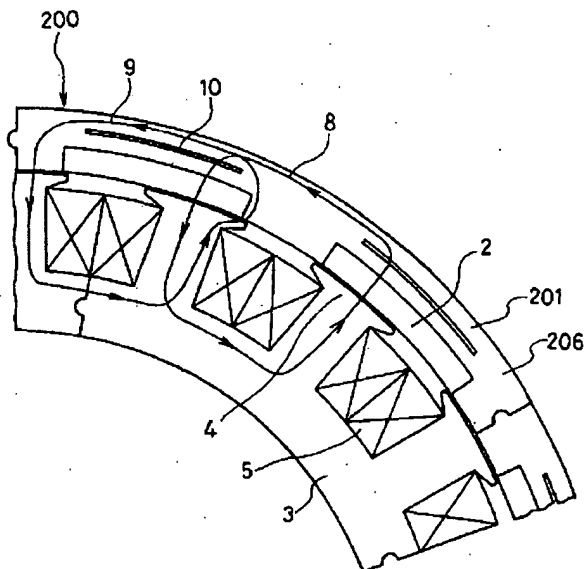
【図2】



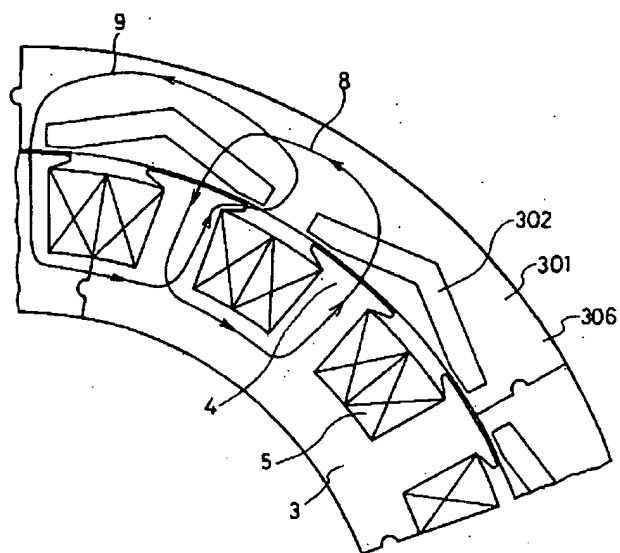
【図9】



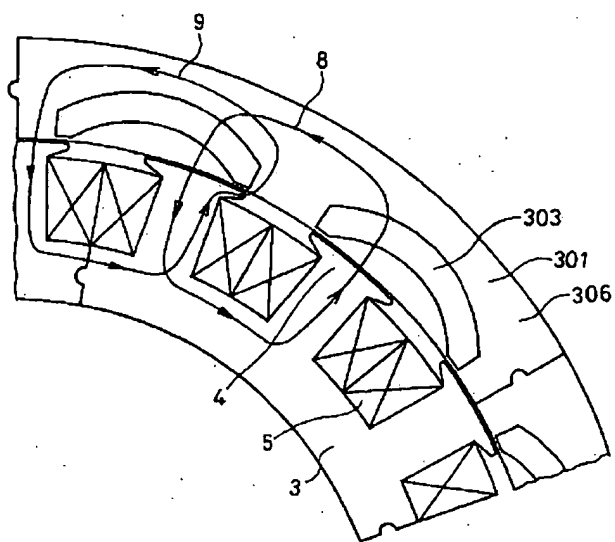
【図4】



【図5】



【図6】



(72)発明者 田米 正樹
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

Fターム(参考) 3D035 DA03
5H002 AA01 AA07 AB01 AB06 AB07
AC02 AE01
5H019 AA07 AA10 BB01 BB04 BB12
CC04 CC08 CC09 DD01 EE14
EE16 FF01 GG03
5H115 PC06 PG04 PI16 PU10 PU11
PV09 PV22 UI32
5H603 AA01 BB01 BB09 BB10 BB12
BB13 CA01 CA05 CC03 CC17
CD01 CD04 CD21 CE01
5H615 AA01 BB01 BB07 BB14 PP01
PP02 PP07 PP12 SS16 SS18
5H619 BB01 BB06 BB13 BB15 BB24
PP01 PP02 PP06 PP08
5H621 BB10 GA01 GA15 HH01 JK01
5H622 AA03 CA02 CA05 CB03 CB04
CB05 PP19